

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001年1月18日 (18.01.2001)

PCT

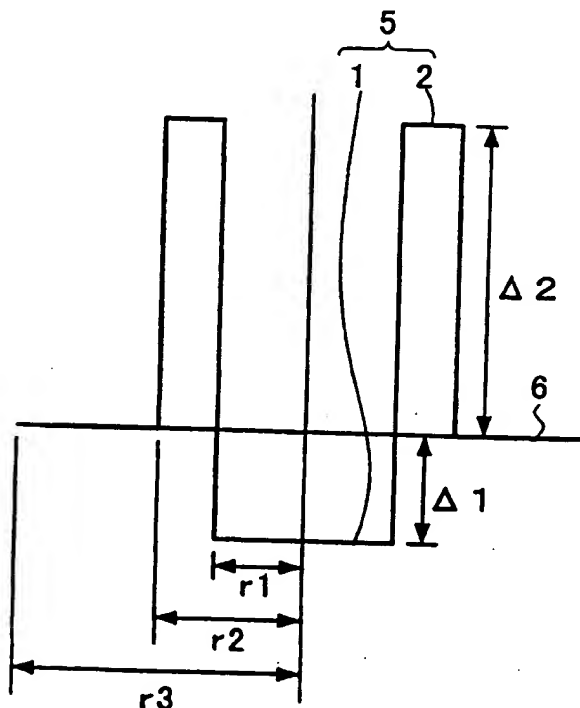
(10) 国際公開番号
WO 01/04675 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/22, 6/16 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.) [JP/JP]; 〒135-8512 東京都江東区木場一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/04620 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松尾昌一郎 (MATSUO, Shoichiro) [JP/JP]. 谷川庄二 (TANIGAWA, Shoji) [JP/JP]; 〒285-8550 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (22) 国際出願日: 2000年7月11日 (11.07.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: (74) 代理人: 弁理士 志賀正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒169-8925 東京都新宿区高田馬場三丁目23番3号 ORビル Tokyo (JP).
- 特願平11/198242 1999年7月12日 (12.07.1999) JP
特願平11/198243 1999年7月12日 (12.07.1999) JP
特願平11/205450 1999年7月19日 (19.07.1999) JP
- (81) 指定国 (国内): CN, IN, RU, US.

[続葉有]

(54) Title: DISPERSION SHIFT OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 分散シフト光ファイバ



(57) Abstract: A dispersion shift optical fiber which comprises a core provided with a center core portion and a peripheral core portion formed around the center core portion and a clad formed around the core and have a refractive index distribution shape in which the refractive index of the peripheral core portion is higher than that of the center core portion and the refractive index of the clad is lower than that of the peripheral core portion, wherein by properly determining the structure parameter the condition that the optical fiber is a single-mode optical fiber and the bending loss is 100 dB/m or less is satisfied, the effective core area is sufficiently increased, and the dispersion slope is decreased.

[続葉有]

WO 01/04675 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは、中心コア部と、その外周上に設けられた該中心コア部よりも高い屈折率を備えた周辺コア部とを備え、該クラッドは前記周辺コア部よりも低い屈折率を備えている屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、構造パラメータを適切に設定することにより、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が100 dB/m以下であるという条件を満足し、かつ十分に有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバを提供することができる。

明 細 書

分散シフト光ファイバ

技術分野

本発明は、石英系光ファイバの損失が最小になる波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の波長分散値がほぼ零になるように設計された分散シフト光ファイバに関し、特に大きな有効コア断面積を有し、かつ小さい分散スロープを有するものである。

背景技術

従来、光ファイバ増幅器を用いた光増幅中継伝送システムなどの長距離システムにおいては、伝送特性の劣化を抑制するために非線形光学効果を低減することが重要である。

非線形効果の大きさは、 n^2/A_{eff} で表される。ここで n^2 は、光ファイバの非線形屈折率、 A_{eff} は光ファイバの有効コア断面積である。よって、非線形効果を低減するためには、 n^2 を小さくするか有効コア断面積を大きくする必要があるが、 n^2 は材料を決定すると大きく変化しない値であるため、非線形光学効果の低減に対しては有効コア断面積の拡大が効果的な手法である。

一方、大容量伝送が可能な波長多重伝送システムにおいては、波長の異なる複数の光信号を1本の分散シフト光ファイバ（伝送路）で伝送するため、分散スロープの低減の要求が高まっている。分散スロープとは、波長分散値の波長依存性を示すもので、横軸に波長（nm）、縦軸に波長分散値（ps/km・nm）をとって波長分散値をプロットした際の曲線の勾配である。

分散シフト光ファイバの分散スロープが大きいと、1本の分散シフト光ファイバ中を伝送する複数の波長間における波長分散値の差が大きくなり、伝送状態がばらつき、伝送特性が劣化するため不都合であ

る。

また、光通信システムの伝送路としては、実質的にシングルモードであることや、曲げ損失を 100 dB/m 以下に保つことが最低限の条件として要求されている。

そこで、最近では、例えば特開平10-293225号公報、特開平10-239550号公報、特開平11-119046号公報などにおいて、様々な屈折率分布形状（屈折率プロファイル）を用いて、有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減を図る提案がなされてきた。

図5（a）～図5（d）はこのような分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の例を示したものである。

図5（a）は階段型（デュアルシェイプコア型）の屈折率分布形状の一例を示したもので、符号11は中心コア部であり、その外周上に、この中心コア部11よりも低屈折率の階段コア部12が設けられてコア14が形成されている。そして、さらにこのコア14の外周上に、前記階段コア部12よりも低屈折率のクラッド16が設けられている。

図5（b）は、セグメントコア型の屈折率分布形状の一例を示したもので、高屈折率の中心コア部21の外周上に低屈折率の中間部22が設けられ、この中間部22の外周上に、この中間部22よりも高屈折率で、かつ前記中心コア部21よりも低屈折率のリングコア部23が設けられてコア24が構成されている。そして、このリングコア部23の外周上に前記中間部22と等しい屈折率を有するクラッド26が設けられている。

図5（c）は図5（a）に示した階段型の屈折率分布形状の変形例であって、階段コア部12とクラッド16との間に、このクラッド16よりも低屈折率の低屈折率部15が設けられてコア14が構成されたものである。

図5（d）は図5（b）に示したセグメントコア型の屈折率分布形状の変形例であって、リングコア部23とクラッド26との間に、こ

のクラッド 26 よりも低屈折率の低屈折率部 25 が設けられてコア 24 が構成されたものである。

しかしながら、従来提案されている分散シフト光ファイバにおいては、実質的にシングルモードであることや、曲げ損失を 100 dB/m 以下に保つという条件下では、有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減の両立は困難であった。

例えば図 5 (a) ~ 図 5 (d) に例示した屈折率分布形状を有するものにおいては、有効コア断面積を $90 \mu\text{m}^2$ 以上に拡大しようとする、十分に小さい分散スロープが得られなかった。

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が 100 dB/m 以下であるという条件を満足し、かつ十分に有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバを提供することを目的とする。

発明の開示

前記課題を解決するために、本発明の第 1 の分散シフト光ファイバは、コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは、中心コア部と、その外周上に設けられた該中心コア部よりも高い屈折率を備えた周辺コア部とを備え、該クラッドは前記周辺コア部よりも低い屈折率を備えている屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、

$1490 \sim 1625 \text{ nm}$ から選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 130 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-8 \sim +8 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが 0.12 ps/km/nm^2 以下、曲げ損失が 100 dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする。

第 2 の分散シフト光ファイバは、第 1 の分散シフト光ファイバにおいて、コアが、中心コア部と周辺コア部とからなり、クラッドの屈折率を基準にしたときの中心コア部の比屈折率差を $\Delta 1$ 、クラッドの屈

折率を基準にしたときの周辺コア部の比屈折率差を $\Delta 2$ 、中心コア部の半径を r_1 、周辺コア部の半径を r_2 としたとき、以下のa～dの条件を満足していることを特徴とする。

a. $1.35\% \leq (\Delta 2 - \Delta 1)$

b. $1.2 \leq r_2 / r_1 \leq 2.0$

c. $\Delta 2 \geq 0.8\%$ 、かつ $1.8 \leq \Delta 2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 3.5$

d. 0.8、または $1.8 / (r_2 / r_1)^2$ のうち、大きい方を $\Delta 2_{\min}$ 、リング内側体積を $-\Delta 1 \times r_1^2$ 、リング外側体積を $\Delta 2_{\min} \times (r_2^2 - r_1^2)$ としたとき、リング外側体積／リング内側体積が2以上、あるいは0以下である。

第3の分散シフト光ファイバは、第2の分散シフト光ファイバにおいて、1490～1625 nmから選択される使用波長帯において、有効コア断面積が75～130 μm^2 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが 0.12 ps/km/nm^2 以下、曲げ損失が100 dB/m以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする。

第4の分散シフト光ファイバは、第2の分散シフト光ファイバにおいて、b、cが以下の数値範囲であることを特徴とする。

b. $1.2 \leq r_2 / r_1 \leq 1.9$

c. $\Delta 2 \geq 0.8\%$ 、かつ $1.8 \leq \Delta 2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 3.2$

第5の分散シフト光ファイバは、第4の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が85～130 μm^2 であることを特徴とする。

第6の分散シフト光ファイバは、第2の分散シフト光ファイバにおいて、b、cが以下の数値範囲であることを特徴とする。

b. $1.2 \leq r_2 / r_1 \leq 1.8$

c. $\Delta 2 \geq 0.8\%$ 、かつ $1.8 \leq \Delta 2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 2.7$

第7の分散シフト光ファイバは、第6の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が95～130 μm^2 であることを特徴とする。

第8の分散シフト光ファイバは、第2の分散シフト光ファイバにお

いて、 r_2 / r_1 が1.3以上であり、かつ、 Δ_1 が0%以下であることを特徴とする。

第9の分散シフト光ファイバは、第8の分散シフト光ファイバにおいて、分散スロープが 0.10 ps/km/nm^2 以下であることを特徴とする。

第10の分散シフト光ファイバは、第1の分散シフト光ファイバにおいて、コアが中心コア部と周辺コア部とからなり、 $1490 \sim 1625 \text{ nm}$ から選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 70 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが $0.05 \sim 0.08 \text{ ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100 dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする。

第11の分散シフト光ファイバは、第10の分散シフト光ファイバにおいて、クラッドの屈折率を基準にしたときの中心コア部の比屈折率差を Δ_1 、クラッドの屈折率を基準にしたときの周辺コア部の比屈折率差を Δ_2 、中心コア部の半径を r_1 、周辺コア部の半径を r_2 としたとき、

Δ_1 が $-0.3 \sim +0.3\%$ 、 Δ_2 が 0.8% 以上、 r_2 / r_1 が $1.4 \sim 2.5$ であることを特徴とする。

第12の分散シフト光ファイバは、第10の分散シフト光ファイバにおいて、 Δ_1 が0%であることを特徴とする。

第13の分散シフト光ファイバは、第1の分散シフト光ファイバにおいて、コアが、中心コア部の上に順次、周辺コア部、第2リング部、および第3リング部が設けられてなり、これら中心コア部、周辺コア部、第2リング部、および第3リング部において、クラッドを基準にしたときの比屈折率差と半径を、それぞれ (Δ_1, r_1) 、 (Δ_2, r_2) 、 (Δ_3, r_3) 、 (Δ_4, r_4) としたとき、 Δ_1 と Δ_3 は負の値、 Δ_2 は正の値、 Δ_4 は0以上に設定された屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバであって、

1490～1625 nmから選択される使用波長帯において、有効コア断面積が45～120 μm^2 、分散スロープが0.03～0.10 ps/km/nm²、曲げ損失が100 dB/m以下、波長分散値の絶対値が0.5～8 ps/km/nmであり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする。

第14の分散シフト光ファイバは、第13の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が50～75 μm^2 、分散スロープが0.03～0.06 ps/km/nm²であることを特徴とする。

第15の分散シフト光ファイバは、第14の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.5 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする。

第16の分散シフト光ファイバは、第14の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.5\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.75\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.3\%$ 、 $1.5 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする。

第17の分散シフト光ファイバは、第13の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が75～100 μm^2 、分散スロープが0.06～0.09 ps/km/nm²であることを特徴とする。

第18の分散シフト光ファイバは、第17の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、 $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.20\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする。

第19の分散シフト光ファイバは、第17の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2 / r_1 \leq 3.0$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする。

第20の分散シフト光ファイバは、第13の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が $100 \sim 120 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.08 \sim 0.10 \text{ ps/km/nm}^2$ であることを特徴とする。

第21の分散シフト光ファイバは、第20の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.75\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2 / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の一例を示した図である。

図2は、本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状において、実際に製造した場合の屈折率分布形状の一例を示した図である。

図3は、本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の他の例を示した図である。

図4は、第3の実施形態例において、種々の構造パラメータを設定して求めた特性値の解析結果を示したグラフである。

図5(a)～図5(d)は、従来の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の例を示した図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の分散シフト光ファイバは、コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは、少なくとも中心コア部と、その外周上に設けられた該中心コア部よりも高い屈折率を備えた周辺コア部とを備え、該クラッドは前記周辺コア部よりも低い屈折率を備えている屈折率分布形状を有する。

そして、構造パラメータを調整することにより、1490～1625 nmから選択される使用波長帯において、有効コア断面積が45～130 μm^2 、波長分散値が $-8 \sim +8 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが 0.12 ps/km/nm^2 以下、曲げ損失が100 dB/m以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有するものを得ることができる。

本発明の分散シフト光ファイバの使用波長帯は、1490～1625 nm、より一般的には1490～1610 nmの範囲から適度な波長幅の波長帯が選択される。例えば、光通信システムに用いる光ファイバ増幅器による増幅波長帯などによって、1500～1570 nmの範囲から1530～1565 nmなどの所定の波長幅を有する波長帯を選択する。あるいは、例えば1570～1625 nmの範囲から所定の波長幅を有する、例えば1585～1625 nm、1585～1610 nmなどの波長帯を選択することもできる。

以下第1～第3の実施形態例を示して本発明について詳細に説明する。

第1の実施形態例

図1は本実施形態例の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状を示したもので、中心の中心コア部1の外周上に、この中心コア部1よりも高い屈折率の周辺コア部2が設けられて2層構造のコア5が構成されている。そして、このコア5の外周上に、前記周辺コア部2よりも低い屈折率を備えたクラッド6が設けられている。すなわち、クラッ

ド 6 を含めて 3 層構造の屈折率分布形状が構成されている。

この分散シフト光ファイバにおいて、例えば中心コア部 1 は屈折率を低下させる作用を有するフッ素を添加した石英ガラスあるいは屈折率を上昇させる作用を有するゲルマニウムを添加した石英ガラスあるいは純石英ガラス、周辺コア部 2 はゲルマニウム添加石英ガラス、クラッド 6 は純石英ガラスから構成されている。

図中、 $\Delta 1$ はクラッド 6 の屈折率を基準にしたときの中心コア部 1 の比屈折率差、 $\Delta 2$ はクラッド 6 の屈折率を基準にしたときの周辺コア部 2 の比屈折率差である。 $r 1$ は中心コア部 1 の半径、 $r 2$ は周辺コア部 2 の半径である。

そして、本実施形態例の分散シフト光ファイバにおいては、以下の a ~ d の条件を満足する必要がある。

- a. $1.35\% \leq (\Delta 2 - \Delta 1)$
- b. $1.2 \leq r 2 / r 1 \leq 2.0$
- c. $\Delta 2 \geq 0.8\%$ 、かつ $1.8 \leq \Delta 2 \times (r 2 / r 1)^2 \leq 3.5$
- d. 0.8 、または $1.8 / (r 2 / r 1)^2$ のうち、大きい方を $\Delta 2 \text{ min}$ 、リング内側体積を $-\Delta 1 \times r 1^2$ 、リング外側体積を $\Delta 2 \text{ min} \times (r 2^2 - r 1^2)$ としたとき、リング外側体積 / リング内側体積が 2 以上、あるいは 0 以下である。

前記 a の条件は、使用波長帯において、実質的にシングルモード伝搬を保証することに寄与するものである。ここで、 $\Delta 1$ は前記 a および前記 d の条件を満足すれば、負の値（クラッド 6 よりも低屈折率の場合）、零（クラッド 6 と等しい屈折率を有する場合）、あるいは正の値（クラッド 6 よりも高屈折率の場合）を設定することができる。

前記 b の条件を満足しない場合は、後述する有効コア断面積、分散スロープ、曲げ損失、カットオフ波長などの条件をすべて同時に満足することができない。

前記 c において、 $\Delta 2 \times (r 2 / r 1)^2$ を 3.5 以下に設計することにより、有効コア断面積の拡大を図ることができる。 $\Delta 2 \times (r 2$

／ r_1)²を1.8以上に設計することは、実質的に、使用波長帯におけるシングルモード伝搬の保証に寄与し、かつ曲げ損失を100 dB／m以下に制限することに寄与するものである。シングルモード伝搬の保証と曲げ損失の制限のどちらか一方にのみ寄与する場合もある。

また、 $\Delta 2$ が0.8%未満の場合は、周辺コア部2を設けた実質的な効果を得ることができない。

前記dの条件において、 $\Delta 2_{\min}$ は、 r_2 / r_1 の設定値によって定められる値であって、前記cの条件を満足する $\Delta 2$ の数値範囲の下限値に相当する。 $\Delta 2_{\min}$ は、0.8%と、 r_2 / r_1 の設定値を1.8／(r_2 / r_1)²に代入して得られた値のうち、どちらか大きい方が選択される。

このdの条件は、曲げ損失を100 dB／m以下に制限することに寄与するものである。

リング外側体積／リング内側体積が0以下の場合は、 $\Delta 1$ が正の値なので、曲げ損失を100 dB／m以下にすることができる。一方、 $\Delta 1$ が負の値の場合は、リング外側体積／リング内側体積が2以上のときに、曲げ損失を100 dB／m以下にすることができる。

これらの条件は、実際の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状において、実質的に満足されていればよく、例えば、実際の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状においては、図1に示したように各層（中心コア部1、周辺コア部2、クラッド6）の境界が明確でなく、図2に示したように、丸みを帯びた、いわゆるだれを生じた状態であってもよい。

また、例えば周辺コア部2（ $\Delta 2$ ）の屈折率分布形状に、いわゆるがたつきのある状態であってもよい。

また、クラッド6の直径は通常約125 μm 、 r_2 は波長分散値が目標値となるように調整される。一般的に、 r_2 は2～10 μm である。

本実施形態例においては、上述の $a \sim d$ の条件を満足する $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 $r 1$ 、 $r 2$ の 4 つの構造パラメータを設定することによって、使用波長帯において、以下のような有効コア断面積、波長分散値、分散スロープ、曲げ損失、カットオフ波長を有する分散シフト光ファイバを提供することができる。

有効コア断面積は以下の式から求められるものである。

$$A_{\text{eff}} = \frac{2\pi \left\{ \int_0^\infty a |E(a)|^2 da \right\}^2}{\int_0^\infty a |E(a)|^4 da}$$

a : コアの半径

$E(a)$: 半径 a での電界強度

本実施形態例においては、使用波長帯における有効コア断面積が $75 \sim 130 \mu\text{m}^2$ のものが得られる。本実施形態例においては、有効コア断面積が $75 \mu\text{m}^2$ 未満のものは、太平洋横断海底通信用ファイバなどの超長距離線路には、非線形効果低減の観点では不十分な場合がある。また、有効コア断面積が $130 \mu\text{m}^2$ をこえるものは製造が困難である。

また、本実施形態例においては、使用波長帯における分散スロープが $0.12 \text{ ps} / \text{km} / \text{nm}^2$ 以下のものが得られる。 $0.12 \text{ ps} / \text{km} / \text{nm}^2$ をこえると、波長分散値の波長依存性が大きくなり、波長多重伝送システムへの適用において不都合となる。

なお、使用波長帯における波長分散値は、 $-6 \sim +6 \text{ ps} / \text{km} / \text{nm}$ の範囲内のものを得ることができる。しかしながら、波長分散値が零の場合は非線形効果のひとつである 4 光子混合が発生しやすくなるため、波長分散値が零になる範囲を含まないように使用波長帯を設定すると好ましい。

曲げ損失は、使用波長帯において、曲げ直径（2 R）が20 mmの条件の値をいうものとする。

本実施形態例においては、曲げ損失が100 dB/m以下、好ましくは40 dB/m以下のものが得られる。また、実質的には0.1 dB/m以上のものが得られる。使用波長帯における曲げ損失が100 dB/mをこえると、分散シフト光ファイバに加えられる僅かな曲がりなどによって伝送損失が劣化しやすくなるため不都合である。

また、本発明の分散シフト光ファイバはシングルモード光ファイバであるため、本実施形態例の分散シフト光ファイバは、使用波長帯において、実質的にシングルモード伝搬を保証するカットオフ波長を有する必要がある。

通常のカットオフ波長は、C C I T Tの2 m法（以下2 m法と記す）による値によって規定されている。しかし、実際の長尺の使用状態においては、この値が使用波長帯の下限值よりも長波長側であってもシングルモード伝搬が可能である。

したがって、本実施形態例の分散シフト光ファイバにおいて、2 m法で規定されるカットオフ波長は、分散シフト光ファイバの使用長さと使用波長帯によってシングルモード伝搬可能であるように設定する。具体的には、例えば2 m法におけるカットオフ波長が1.8 μ m程度であっても、5000 m程度以上の長尺の状態であれば、上述の使用波長帯におけるシングルモード伝搬を十分に実現することができる。

さらに好ましくは、上述のb、cにおいて、以下の条件を満足すると好ましい。

$$b. \quad 1.2 \leq r_2 / r_1 \leq 1.9$$

$$c. \quad \Delta_2 \geq 0.8\%, \text{ かつ } 1.8 \leq \Delta_2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 3.2$$

その結果、有効コア断面積をさらに拡大し、85～130 μ m²のものを得ることができる。

さらに好ましくは、上述のb、cにおいて、以下の条件を満足すると好ましい。

$$b. 1.2 \leq r_2 / r_1 \leq 1.8$$

$$c. \Delta_2 \geq 0.8\%, \text{かつ} 1.8 \leq \Delta_2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 2.7$$

その結果、有効コア断面積をさらに拡大し、 $95 \sim 130 \mu\text{m}^2$ のものを得ることができる。

また、さらに好ましくは、上述の a、b、d において、 r_2 / r_1 を 1.3 以上に設定し、 Δ_1 を 0% 以下に設定すると好ましい。

その結果、分散スロープが 0.10 ps/km/nm^2 以下のものを得ることができる。

本実施形態例の分散シフト光ファイバは、上述のようにクラッドを含めて 3 層構造であり、例えば VAD 法などによって効率よく製造することができる。

このように比較的簡単な屈折率分布形状の分散シフト光ファイバにおいて、本実施形態例のような大きな有効コア断面積と小さな分散スロープを有し、かつ光伝送路として実用可能な曲げ損失とカットオフ波長を有するものは、従来実現されていなかったものである。特に分散シフト光ファイバの製造効率の向上、波長多重伝送システムなどにおける伝送特性の向上、低コスト化の観点において、大きな効果が得られる。

第 2 の実施形態例

本実施形態例の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状は、図 1 に示したものと同様である。

本実施形態例の分散シフト光ファイバは、上述の使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 70 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが $0.05 \sim 0.08 \text{ ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100 dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有する。

本実施形態例においては、有効コア断面積が $45 \mu\text{m}^2$ 未満であると、

非線形効果の抑制が不十分である。有効コア断面積が $70 \mu\text{m}^2$ をこえ、かつ分散スロープが 0.08 ps/km/nm^2 以下のものは製造が困難な場合がある。

また、本実施形態例において、使用波長帯における分散スロープが 0.08 ps/km/nm^2 をこえると、例えば、波長多重数の多い大容量線路などでは、分散スロープの低減が不十分な場合がある。また、 0.05 ps/km/nm^2 未満のものは製造が困難な場合がある。

なお、使用波長帯における波長分散値は $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ の範囲内のものを得ることができるが、上述のように4光子混合の発生を抑制するためには、波長分散値が零になる範囲を含まないように使用波長帯を設定すると、さらに好ましい。

本実施形態例において、曲げ損失は伝送損失の劣化防止の観点から、 100 dB/m 以下、好ましくは 40 dB/m 以下とされる。

また、本実施形態例の分散シフト光ファイバは、第1の実施形態例と同様に、実際の使用状態において、実質的にシングルモード伝搬を保証するカットオフ波長を有する必要がある。

このような特性を満足するために、図1に示した屈折率分布形状において、 $\Delta 1$ は $-0.3 \sim +0.3\%$ の範囲から選択される。 -0.3% 未満の場合は分散スロープの低減が不十分となる傾向があり、 $+0.3\%$ をこえると有効コア断面積の拡大が困難となる傾向がある。

また、 $\Delta 2$ は 0.8% 以上の範囲から選択される。 0.8% 未満の場合は周辺コア部2を設けた効果が得られず、有効コア断面積の拡大が困難となる傾向がある。また、 $\Delta 2$ の上限値は特に限定するものではないが、実質的には 2% とされる。

また、 r_2/r_1 は $1.4 \sim 2.5$ の範囲から選択される。 1.4 未満の場合は分散スロープの低減が不十分となる傾向がある。 2.5 をこえると有効コア断面積の拡大が困難となる傾向がある。

また、 r_2 は波長分散値が目標値となるように調整され、実質的には $2 \sim 10 \mu\text{m}$ とされる。 r_3 は通常約 $62.5 \mu\text{m}$ とされる。

本実施形態例の分散シフト光ファイバは、第1の実施形態例と同様にクラッドを含めて3層構造であり、例えばVAD法などによって効率よく製造することができる。特に中心コア部1とクラッド6とを純石英ガラスから構成する場合（ $\Delta 1$ が0%の場合）は、母材の製造時の屈折率の制御のための操作は、周辺コア部2となる部分にゲルマニウムをドーピングする操作のみであり、製造効率が大きく向上する。

このように比較的簡単な屈折率分布形状の分散シフト光ファイバにおいて、大きな有効コア断面積と小さな分散スロープを有し、かつ光伝送路として実用可能な曲げ損失とカットオフ波長を有するものは、従来実現されていなかったものであり、製造効率の向上や低コスト化の観点において、大きな効果が得られる。

第3の実施形態例

本実施形態例の分散シフト光ファイバは、使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 120 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.03 \sim 0.10 \text{ ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100 dB/m 以下、波長分散値の絶対値が $0.5 \sim 8 \text{ ps/km/nm}$ であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする。

図3は本実施形態例の分散シフト光ファイバの2重リング型の屈折率分布形状の一例を示したもので、この屈折率分布形状はコア5とこのコア5の外周上に設けられたクラッド6とからなり、このコア5は、前記クラッド6よりも低い屈折率を備えた中心コア部1の外周上に、前記クラッド6よりも高い屈折率を備えた周辺コア部（第1リング部）2'が設けられ、この周辺コア部2'の外周上に、前記クラッド6よりも低い屈折率を備えた第2リング部3が設けられ、第2リング部3の外周上に、前記クラッド6の屈折率以上の屈折率を有する第3リング部4が設けられて構成されている。

換言すると、周辺コア部2'は図1に示した屈折率分布形状におい

ては周辺コア部 2 に対応し、図 3 に示した屈折率分布形状は、図 1 に示した屈折率分布形状において、周辺コア部 2 とクラッド 6 との間に第 2 リング部 3 と第 3 リング部 4 が設けられたものである。

この分散シフト光ファイバにおいて、例えば中心コア部 1 と第 2 リング部 3 は屈折率を低下させる作用を有するフッ素を添加したフッ素添加石英ガラス、周辺コア部 2' と第 3 リング部 4 は屈折率を上昇させる作用を有するゲルマニウムを添加したゲルマニウム添加石英ガラス、クラッド 6 は純石英ガラスから構成されている。

なお、実際の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状においては、図 3 に示したように各層（中心コア部 1、周辺コア部 2'、第 2 リング部 3、第 3 リング部 4、クラッド 6）の境界が明確ではなくてもよく、丸みを帯びた、いわゆるだれを生じた状態であってもよい。

また、 $\Delta 1$ はクラッド 6 の屈折率を基準にしたときの中心コア部 1 の比屈折率差、 $\Delta 2$ はクラッド 6 の屈折率を基準にしたときの周辺コア部 2' の比屈折率差、 $\Delta 3$ はクラッド 6 の屈折率を基準にしたときの第 2 リング部 3 の比屈折率差、 $\Delta 4$ はクラッド 6 の屈折率を基準にしたときの第 3 リング部 4 の比屈折率差である。

この実施形態例において、 $\Delta 1$ と $\Delta 3$ は負の値を有し、 $\Delta 2$ は正の値を有し、 $\Delta 4$ は 0 以上である。すなわち、中心コア部 1 の屈折率 n_1 と第 2 リング部 3 の屈折率 n_2 はクラッド 6 の屈折率 n_c よりも小さく、周辺コア部 2' の屈折率 n_2 はクラッド 6 の屈折率 n_c よりも大きく、第 3 リング部 4 の屈折率 n_3 はクラッド 6 の屈折率 n_c 以上の値に設計されている。したがって第 3 リング部 4 の屈折率 n_3 がクラッド 6 の屈折率 n_c と等しい場合は、屈折率分布形状において、実質的に第 3 リング部 4 は存在せず、図 1 に示したものと同様の屈折率分布形状となる。

また、 r_1 は中心コア部 1 の半径、 r_2 は周辺コア部 2' の半径、 r_3 は第 2 リング部 3 の半径、 r_4 は第 3 リング部 4 の半径である。

本実施形態例において、使用波長帯における有効コア断面積が 4 5

μm^2 未満であると、非線形効果の抑制が不十分である。有効コア断面積が $120\mu\text{m}^2$ をこえるものは製造が困難である。

また、使用波長帯における分散スロープは、上述のように小さい程好ましく、本実施形態例において、使用波長帯における分散スロープは $0.03 \sim 0.10\text{ps/km/nm}^2$ とされる。 0.10ps/km/nm^2 をこえると波長分散値の波長依存性が大きくなり、波長多重伝送システムへの適用において不都合となる場合がある。 0.03ps/km/nm^2 未満のものは製造が困難である。

曲げ損失は小さい程好ましく、本実施形態例においては、曲げ損失は、伝送損失の劣化防止の観点から、 100dB/m 以下、好ましくは 50dB/m 以下とされる。

本実施形態例において、使用波長帯における波長分散値は、その絶対値が $0.5 \sim 8\text{ps/km/nm}$ の範囲とされる。すなわち、本実施形態例の分散シフト光ファイバの波長分散値は、正の値を設定することもできるし、負の値を設定することもできる。 0.5ps/km/nm 未満の場合は波長分散値が零に近くなり、非線形効果のひとつである4光子混合が発生しやすくなる。また、 8ps/km/nm をこえると伝送特性の劣化がやや大きくなる場合がある。

また、本実施形態例の分散シフト光ファイバは第1の実施形態例と同様に、実際の使用状態におけるシングルモード伝搬を保証するカットオフ波長を有する必要がある。

このような特性を満足するための構成について、検討の経緯とともに以下に説明する。

図4は種々の構造パラメータを設定して求めた特性値の解析結果である。なお、 σ は波長分散値、 $d\sigma/d\lambda$ は分散スロープである。

この図より、 r_2/r_1 を小さく設定すると、有効コア断面積が拡大する傾向があることがわかる。よって、有効コア断面積の拡大という観点からは、 r_2/r_1 を2.5以下に設定すると好ましい。

また、 r_2/r_1 が小さくなりすぎると波長分散値の絶対値が大き

くなる傾向があるため、本発明の分散シフト光ファイバとして適切な波長分散値を得るためには、 r_2 / r_1 を1.3以上に設定すると好ましい。

また、解析の結果より、 Δ_2 は0.65～0.85%の範囲に設定すると好ましい。 Δ_2 が大きすぎると有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減の両立が困難となり、小さすぎると所望の波長分散値を得ることができない。

また、第2リング部3の構造パラメータ(Δ_3 , r_3)は有効コア断面積、および分散スロープの設定値によって制限される。また、第3リング部4の構造パラメータ(Δ_4 , r_4)は、分散スロープとカットオフ波長の設定値によって制限される。

そして、これらの構造パラメータの設定値によって、波長分散値を正、負のいずれの値にも設定することができ、分散シフト光ファイバを適用する光通信システムの要求などによって適宜調整可能である。

このような解析の結果、波長分散値を正の値または負の値のいずれに設定するかによって、所望の特性の対する構造パラメータの制限が異なることがわかった。

例えば、有効コア断面積が $50 \sim 75 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.03 \sim 0.06 \text{ ps/km/nm}^2$ のものを得ようとするときに波長分散値を負の値に設定する場合は、 $-0.50\% \leq \Delta_1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta_2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta_3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta_4 \leq 0.30\%$ 、 $1.5 \leq r_2 / r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

同様の特性において、波長分散値を正の値に設定する場合は、 $-0.5\% \leq \Delta_1 \leq -0.05\%$ 、 $0.75\% \leq \Delta_2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta_3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta_4 \leq 0.3\%$ 、 $1.5 \leq r_2 / r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ という構造パラメータの条件を満

足する必要がある。

有効コア断面積が $75 \sim 100 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.06 \sim 0.09 \text{ ps/km/nm}^2$ のものを得ようとするときに波長分散値を負の値に設定する場合は、 $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.20\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

同様の特性において、波長分散値を正の値に設定する場合は、 $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 3.0$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

さらに、有効コア断面積が $100 \sim 120 \mu\text{m}^2$ 、かつ分散スロープが $0.08 \sim 0.10 \text{ ps/km/nm}^2$ のものを得ようとするときに波長分散値を正の値に設定する場合は、 $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.75\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

なお、これらの実施形態例において、好ましい有効コア断面積、波長分散値、分散スロープ、曲げ損失、およびカットオフ波長の値は、それぞれの実施形態例において例示した構造パラメータの好ましい数値範囲から任意に選択することによって実現できるものではない。すなわち、それぞれの実施形態例において、例示した好ましい数値範囲から選択した構造パラメータの組み合わせのうち、要求する特性を実現できる組み合わせを適宜選択することによってはじめて上述の好ま

しい特性値を備えた分散シフト光ファイバを得ることができる。

よって、本発明においては、屈折率分布形状と構造パラメータの数値範囲によって発明を特定することが困難であるため、屈折率分布形状と特性値によって発明を特定するものである。

実施例

次に本発明を実施例にて具体的に説明する。

A. 第1の実施形態例に係る実施例

(実施例1-1～1-3)

表1に示した条件で、VAD法により、実施例1-1～1-3の分散シフト光ファイバを製造した。

なお、実施例1-1～1-3において、中心コア部はフッ素添加石英ガラス、周辺コア部はゲルマニウム添加石英ガラス、クラッドは純石英ガラスから形成した。

また、分散シフト光ファイバの外径（クラッド外径）は $125\mu\text{m}$ とした。表1にこれらの分散シフト光ファイバの波長 1550nm における特性値をあわせて示した。

表 1

	実施例 1-1	実施例 1-2	実施例 1-3
$\Delta 1(\%)$	-0.675	-0.40	-0.15
$\Delta 2(\%)$	1.00	1.05	1.70
$r2/r1$	1.80	1.50	1.20
$r2(\mu m)$	3.29	3.73	3.91
リング'外側体積/リング'内側体積	2.7	2.5	3.7
$\lambda c(\mu m)$	1.432	1.551	1.601
$A_{eff}(\mu m^2)$	83.18	100.15	115.20
波長分散値(ps/km/nm)	-1.5	-1.2	0.6
分散スロープ(ps/km/nm ²)	0.0861	0.0931	0.1015
曲げ損失(dB/m[20 ϕ])	17.4	18.0	29.5
レーリー損失(dB/km)	0.196	0.196	0.195

表 1 に示したように、有効コア断面積、波長分散値、分散スロープ、曲げ損失、カットオフ波長 (λ_c) において、いずれも本発明の分散シフト光ファイバの特性を満足することができた。すなわち、実際の光通信システムに実用可能な曲げ損失を有し、かつシングルモード伝搬を保証することができ、かつ有効コア断面積が大きいため、非線形効果を抑制して伝送損失の劣化を低減でき、さらに、波長多重伝送システムに適した低分散スロープを実現できるものが得られた。

B. 第 2 の実施形態例に係る実施例

(実施例 2-1 ~ 2-3)

表 2 に示した条件で、VAD 法により、実施例 2-1 ~ 2-3 の分散シフト光ファイバを製造した。

なお、実施例 2-1 ~ 2-3 において、周辺コア部はゲルマニウム添加石英ガラス、クラッドは純石英ガラスから形成し、中心コア部は、実施例 2-1 において、フッ素添加石英ガラス、実施例 2-2 において純石英ガラス、実施例 2-3 においてゲルマニウム添加石英ガラスから形成した。また、分散シフト光ファイバの外径 (クラッド外径) は $125 \mu\text{m}$ とした。表 2 にこれらの分散シフト光ファイバの波長 1550 nm における特性値をあわせて示した。

表 2

	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	$r2/r1$	λc (μm)	A_{eff} (μm^2)	曲げ損失 (dB/m)	分散スロープ (ps/km/nm ²)	波長分散値 (ps/km/nm)
実施例 2-1	-0.20	1.42	1.50	1.13	58.8	18.2	0.078	-0.8
実施例 2-2	0.00	1.10	1.75	1.01	51.4	19.6	0.066	1.0
実施例 2-3	0.20	0.90	2.00	0.96	47.6	15.2	0.061	-1.6

表 2 に示したように、有効コア断面積、波長分散値、分散スロープ、曲げ損失、カットオフ波長 (λ_c) において、いずれも本発明の分散シフト光ファイバの特性を満足するものを得ることができた。

C. 第 3 の実施形態例に係る実施例

第 3 の実施形態例に係る種々の分散シフト光ファイバを製造した。

表 3 に、種々の構造パラメータの組合わせを設定し、実際に CVD 法によって試作した分散シフト光ファイバの特性を示した。

なお、表中 λ_c はカットオフ波長、MFD はモードフィールド径、 $\alpha_{b@20\phi}$ は曲げ損失である。

表 3

$r2/r1$	$(r3-r2)/r1$	$(r4-r3)/r2$	$\Delta 1$ [%]	$\Delta 2$ [%]	$\Delta 3$ [%]	$\Delta 4$ [%]	λc [μm]	Aeff [μm^2]	MFD [μm]	σ [ps/km/nm]	$d\sigma/d\lambda$ [ps/km/nm ²]	$\alpha b@20\phi$ [dB/m]
2.0	1.0	1.0	-0.4	0.7	-0.4	0.2	1.52	97.06	8.12	-2.16	0.070	16.3
2.0	1.5	1.0	-0.4	0.8	-0.3	0.3	1.54	81.33	7.73	-1.99	0.067	3.3
2.5	2.0	2.0	-0.1	0.8	-0.4	0.3	1.45	51.35	7.31	-1.85	0.038	0.9
2.5	2.0	2.0	-0.1	0.7	-0.4	0.3	1.52	60.22	7.82	-2.15	0.037	10.2
2.0	2.0	1.5	-0.2	0.8	-0.4	0.3	1.52	65.03	7.44	-2.46	0.036	18.7
2.0	2.0	1.5	-0.1	0.8	-0.3	0.3	1.51	64.35	7.81	-2.39	0.044	12.9
2.5	2.0	1.5	-0.3	0.8	-0.4	0.2	1.18	50.20	7.20	-1.92	0.041	7.6
2.0	1.5	2.0	-0.2	0.8	-0.4	0.2	1.51	69.73	7.62	-2.91	0.049	6.8
2.0	2.0	2.0	-0.4	0.8	-0.3	0.2	1.56	74.11	7.51	-2.09	0.049	14.6
2.5	2.0	2.0	-0.3	0.8	-0.3	0.2	1.27	54.62	7.51	-2.91	0.052	2.5
2.0	0.5	1.5	-0.3	0.7	-0.4	0.1	1.57	101.55	8.93	2.06	0.081	6.4
1.5	2.0	0.5	-0.2	0.8	-0.4	0.3	1.53	111.32	7.59	2.94	0.083	19.2
2.0	0.5	1.0	-0.4	0.7	-0.4	0.2	1.59	112.39	9.33	3.48	0.087	11.7
1.5	1.5	0.5	-0.1	0.8	-0.2	0.3	1.59	116.42	8.49	2.85	0.076	19.0
2.0	2.0	1.5	-0.4	0.8	-0.4	0.1	1.44	70.24	7.10	3.23	0.066	3.1
2.0	1.5	2.0	-0.2	0.8	-0.3	0.1	1.45	70.27	7.62	3.43	0.064	0.8
2.0	1.5	2.0	-0.3	0.8	-0.4	0.1	1.50	74.37	7.30	3.25	0.065	0.7
3.0	1.5	2.0	-0.4	0.7	-0.3	0.3	1.28	74.54	9.24	2.54	0.085	13.6
3.0	2.0	2.0	-0.3	0.6	-0.3	0.3	1.53	74.59	8.74	2.43	0.060	8.9
2.0	1.0	1.5	-0.3	0.7	-0.4	0.0	1.51	85.95	7.82	2.28	0.068	4.8
2.0	1.5	1.0	-0.3	0.7	-0.4	0.2	1.49	86.02	7.70	2.53	0.063	5.4
2.0	1.0	0.5	-0.2	0.7	-0.4	0.3	1.47	86.37	8.22	2.78	0.069	4.7
2.0	0.5	1.0	-0.4	0.7	-0.3	0.0	1.44	94.69	8.64	3.47	0.078	17.7
2.0	1.0	1.5	-0.4	0.7	-0.2	0.0	1.56	95.43	8.19	2.76	0.073	2.8
2.5	1.0	2.0	-0.4	0.6	-0.4	0.2	1.59	99.68	9.20	2.34	0.075	17.0

*測定は全て1550nm, λc は2m法による

表 3 より、使用波長 1 5 5 0 n m において、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が 1 0 0 d B / m 以下であるという条件を満足し、かつ十分に有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバを提供できることが明らかとなった。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明においては、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が 1 0 0 d B / m 以下であるという条件を満足し、かつ十分に有効コア断面積の拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバを提供することができる。よって、特に波長多重伝送システムに対して最適な分散シフト光ファイバを提供することができる。

また、少なくとも中心コア部、周辺コア部、およびクラッドを備えていればよく、比較的簡単な屈折率分布形状を有するものである。したがって、例えば V A D 法などによって効率よく製造することができる。特に 3 層構造のものは製造効率が低い。

そして、特に分散シフト光ファイバの製造効率の向上、波長多重伝送システムなどにおける伝送特性の向上、低コスト化の観点において、大きな効果が得られる。

また、構造パラメータの設定値によって、波長分散値を正、負のいずれの値にも設定することができるため、分散シフト光ファイバを適用する光通信システムの要求に柔軟に対応可能である。

請 求 の 範 囲

1. コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、

該コアは、中心コア部と、その外周上に設けられた該中心コア部よりも高い屈折率を備えた周辺コア部とを備え、

該クラッドは、前記周辺コア部よりも低い屈折率を備えている屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、

1490～1625 nmから選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 130 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-8 \sim +8 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが 0.12 ps/km/nm^2 以下、曲げ損失が 100 dB/m 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバ。

2. 請求項1に記載の分散シフト光ファイバにおいて、

コアが中心コア部と周辺コア部とからなり、

クラッドの屈折率を基準にしたときの中心コア部の比屈折率差を $\Delta 1$ 、クラッドの屈折率を基準にしたときの周辺コア部の比屈折率差を $\Delta 2$ 、中心コア部の半径を r_1 、周辺コア部の半径を r_2 としたとき、以下のa～dの条件を満足していることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

a. $1.35\% \leq (\Delta 2 - \Delta 1)$

b. $1.2 \leq r_2 / r_1 \leq 2.0$

c. $\Delta 2 \geq 0.8\%$ 、かつ $1.8 \leq \Delta 2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 3.5$

d. 0.8 、または $1.8 / (r_2 / r_1)^2$ のうち、大きい方を $\Delta 2_{\text{min}}$ 、リング内側体積を $-\Delta 1 \times r_1^2$ 、リング外側体積を $\Delta 2_{\text{min}} \times (r_2^2 - r_1^2)$ としたとき、リング外側体積／リング内側体積が2以上、あるいは0以下である。

3. 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、1490～1625 nmから選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $75 \sim 130 \mu\text{m}^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 \text{ ps/km/nm}$ 、分散スロープが 0.12 ps/km/nm^2 以下、曲げ損失が 100 dB/

m以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバ。

4. 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、b、cが以下の数値範囲であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

$$b. 1. 2 \leq r_2 / r_1 \leq 1. 9$$

$$c. \Delta_2 \geq 0. 8 \%, \text{ かつ } 1. 8 \leq \Delta_2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 3. 2$$

5. 請求項4に記載の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が $85 \sim 130 \mu m^2$ であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

6. 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、b、cが以下の数値範囲であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

$$b. 1. 2 \leq r_2 / r_1 \leq 1. 8$$

$$c. \Delta_2 \geq 0. 8 \%, \text{ かつ } 1. 8 \leq \Delta_2 \times (r_2 / r_1)^2 \leq 2. 7$$

7. 請求項6に記載の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が $95 \sim 130 \mu m^2$ であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

8. 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、 r_2 / r_1 が1. 3以上であり、かつ、 Δ_1 が0%以下であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

9. 請求項8に記載の分散シフト光ファイバにおいて、分散スロープが $0. 10 ps / km / nm^2$ 以下であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

10. 請求項1に記載の分散シフト光ファイバにおいて、

コアが中心コア部と周辺コア部とからなり、

$1490 \sim 1625 nm$ から選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 70 \mu m^2$ 、波長分散値が $-6 \sim +6 ps / km / nm$ 、分散スロープが $0. 05 \sim 0. 08 ps / km / nm^2$ 、曲げ損失が $100 dB / m$ 以下であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバ。

1 1. 請求項 1 0 に記載の分散シフト光ファイバにおいて、クラッドの屈折率を基準にしたときの中心コア部の比屈折率差を $\Delta 1$ 、クラッドの屈折率を基準にしたときの周辺コア部の比屈折率差を $\Delta 2$ 、中心コア部の半径を $r 1$ 、周辺コア部の半径を $r 2$ としたとき、

$\Delta 1$ が $-0.3 \sim +0.3\%$ 、 $\Delta 2$ が 0.8% 以上、 $r 2 / r 1$ が $1.4 \sim 2.5$ であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

1 2. 請求項 1 0 に記載の分散シフト光ファイバにおいて、 $\Delta 1$ が 0% であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

1 3. 請求項 1 に記載の分散シフト光ファイバにおいて、コアが、中心コア部の上に順次、周辺コア部、第 2 リング部、および第 3 リング部が設けられてなり、

これら中心コア部、周辺コア部、第 2 リング部、および第 3 リング部において、クラッドを基準にしたときの比屈折率差と半径を、それぞれ $(\Delta 1, r 1)$ 、 $(\Delta 2, r 2)$ 、 $(\Delta 3, r 3)$ 、 $(\Delta 4, r 4)$ としたとき、 $\Delta 1$ と $\Delta 3$ は負の値、 $\Delta 2$ は正の値、 $\Delta 4$ は 0 以上に設定された屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバであって、

$1490 \sim 1625 \text{ nm}$ から選択される使用波長帯において、有効コア断面積が $45 \sim 120 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.03 \sim 0.10 \text{ ps/km/nm}^2$ 、曲げ損失が 100 dB/m 以下、波長分散値の絶対値が $0.5 \sim 8 \text{ ps/km/nm}$ であり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバ。

1 4. 請求項 1 3 に記載の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が $50 \sim 75 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.03 \sim 0.06 \text{ ps/km/nm}^2$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

1 5. 請求項 1 4 に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.5 \leq r 2 / r 1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r$

$3 - r_2) / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$
であることを特徴とする分散シフトファイバ。

16. 請求項14に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.5\% \leq \Delta_1 \leq -0.05\%$ 、 $0.75\% \leq \Delta_2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta_3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta_4 \leq 0.3\%$ 、 $1.5 \leq r_2 / r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

17. 請求項13に記載の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が $75 \sim 100 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.06 \sim 0.09 \text{ p s / km / nm}^2$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

18. 請求項17に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、 $-0.50\% \leq \Delta_1 \leq -0.20\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta_2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta_3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta_4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2 / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

19. 請求項17に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta_1 \leq -0.05\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta_2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta_3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta_4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2 / r_1 \leq 3.0$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

20. 請求項13に記載の分散シフト光ファイバにおいて、有効コア断面積が $100 \sim 120 \mu\text{m}^2$ 、分散スロープが $0.08 \sim 0.10 \text{ p s / km / nm}^2$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

21. 請求項20に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta_1 \leq -0.25\%$ 、 $0.$

$65\% \leq \Delta 2 \leq 0.75\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2 / r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2) / r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3) / r_2 \leq 2.0$
であることを特徴とする分散シフトファイバ。



図 1

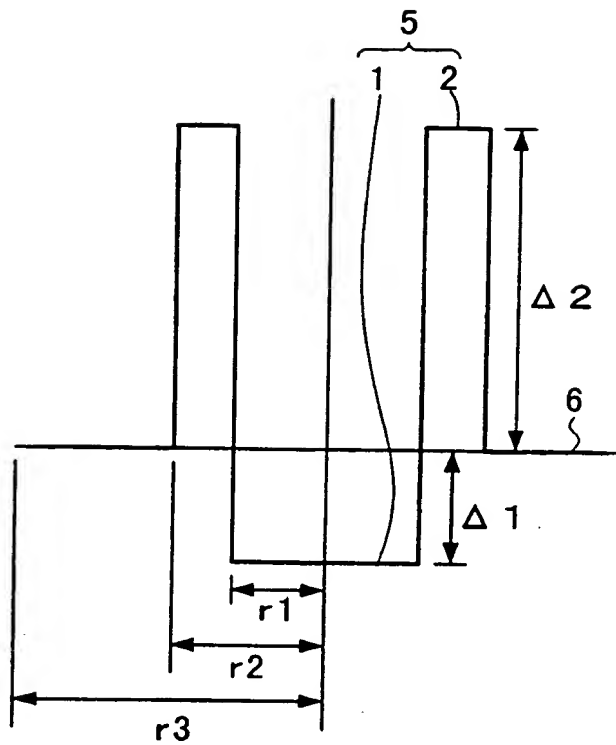


図 2

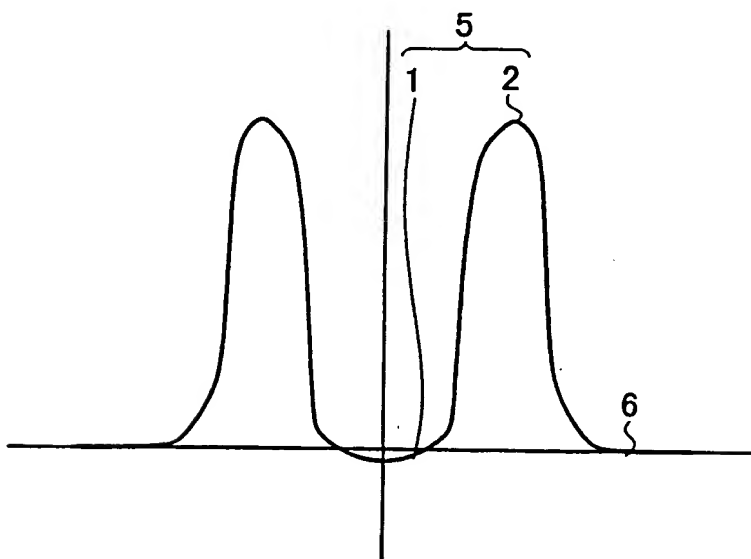




図 3

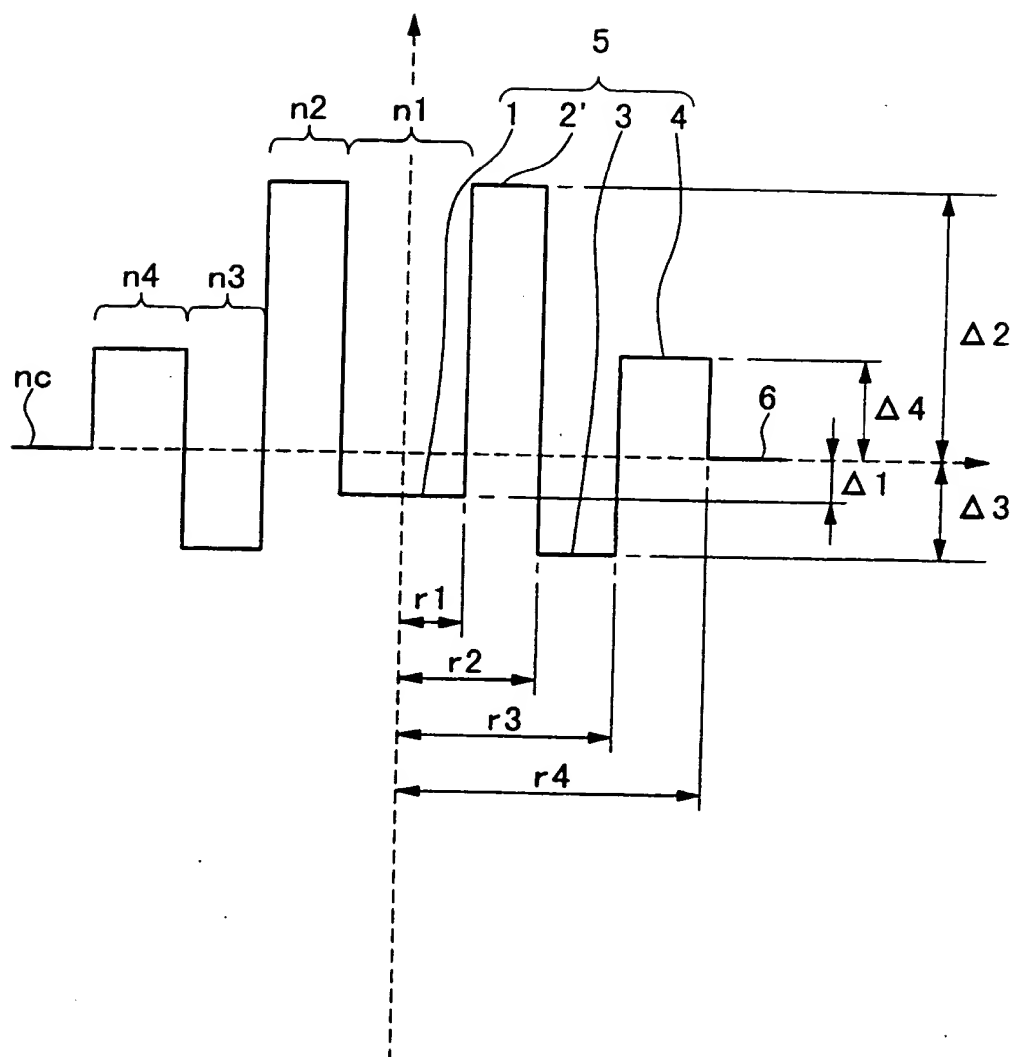




図 4

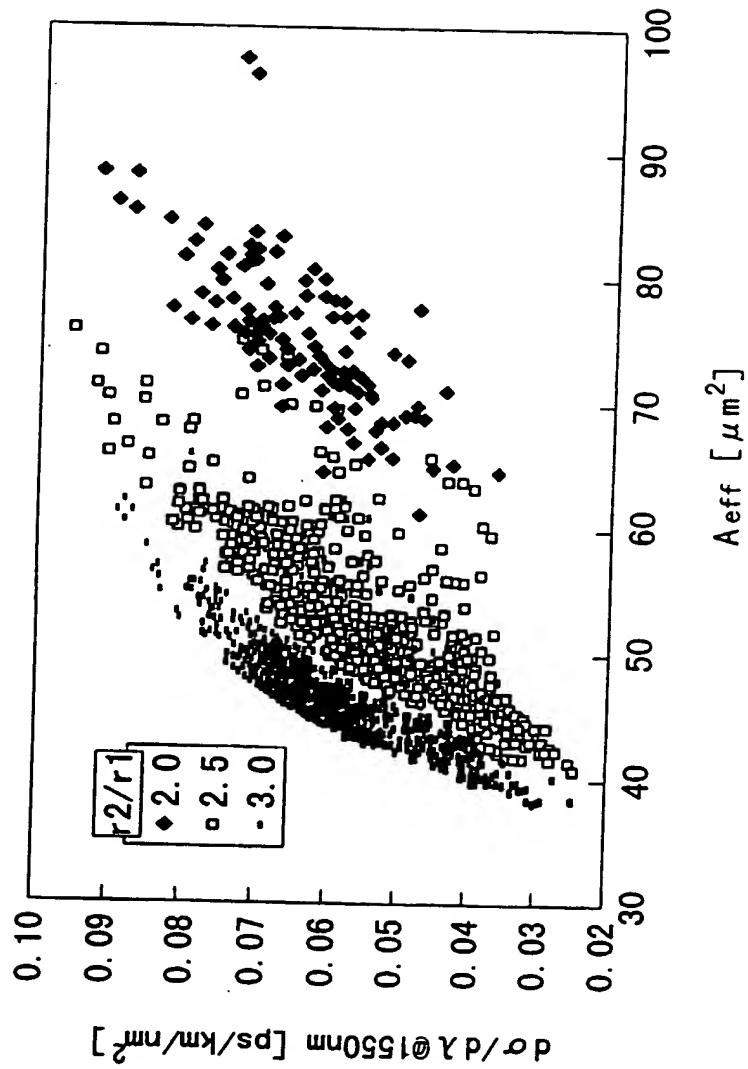
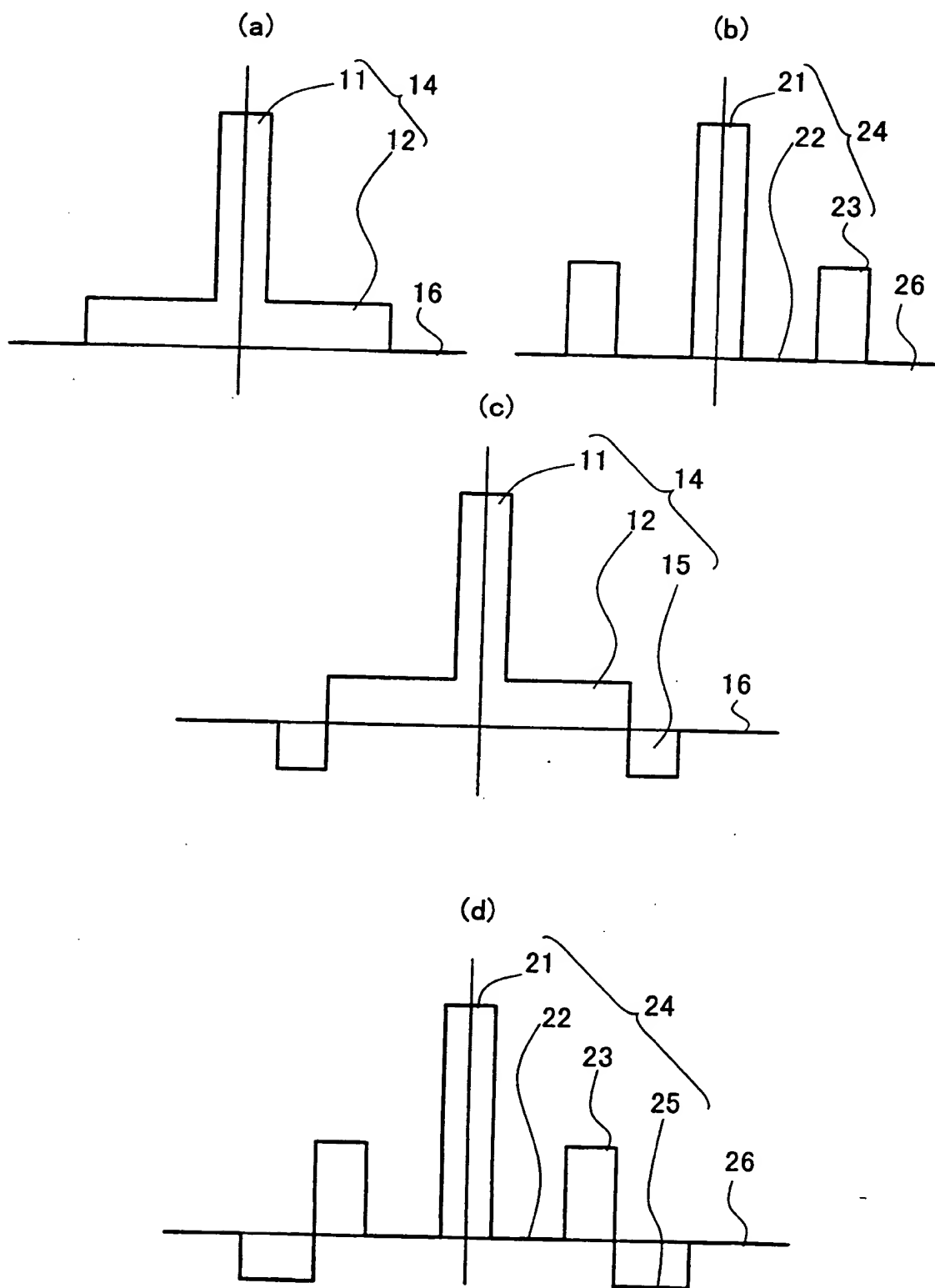




図 5





A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl⁷ G02B6/22, 6/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

 Int.Cl⁷ G02B6/00-6/54

 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo shinan Toroku Koho 1996-2000

 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 Elsevier Science Server,
 IEE Electronic Library

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP, 859247, A2 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 19 August, 1998 (19.08.98), Full text; all drawings & CA, 2229280, A & AU, 5390598, A & JP, 11-72640, A	1-12 13-21
X Y	JP, 11-167038, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 22 June, 1999 (22.06.99), Full text; all drawings Especially, see Par. Nos. [0012] - [0016], [0022] - [0026]; Figs. 1,3 (Family: none)	1,2-4,8-9 13,16-17,20 5-7,10-12, 14-15,18-19,21
X	JP, 10-246830, A (Fujikura Ltd.), 14 September, 1998 (14.09.98) (Family: none)	1,2-9
X Y	Masaaki HIRANO et al., "Teibunsan Slope Ring Core gata Bunsan Shift Fiber", Proceedings of general meeting in 1998, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Electronics 1, 06 March, 1998, p.223	1,10 5-7
Y	EP, 959374, A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),	1-21

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 October, 2000 (04.10.00)	Date of mailing of the international search report 17 October, 2000 (17.10.00)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04620

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	& AU, 718167, A & JP, 11-223741, A & WO, 99/30193, A1	
Y	US, 5684909, A (Liu, Yanming), 04 November, 1997 (04.11.97), & EP, 990182, A1 & JP, 11-506228, A & WO, 97/33188, A2	1-21
A	Bhagavatula, V.A. et al.: Dispersion-shifted single-mode fiber for-bit-rate and multiwavelength systems; Optical Fiber Communication Conference, OFC'95, 1995, Technical Digest, ThH1, pp.259-260	1-21
A	NOUCHI, P. et al.: NEW DISPERSION SHIFTED FIBER WITH EFFECTIVE AREA LARGER THAN $90 \mu m^2$; 22 nd European Conference on Optical Communication-ECOC'96, 15-19 September, 1996, Oslo, Norway, Proceedings, Vol.1, MoB.3.2., pp.1.49-1.52	1-21
A	NOUCHI, P.: Maximum effective area for non-zero dispersion-shifted fiber; Optical Fiber Communication Conference, OFC'98, 22-27 February, 1998 San Jose, California, Technical Digest, ThK3, pp.303-304	1-21
A	HIMENO, K. et al.: SPLICE LOSS OF LARGE EFFECTIVE AREA FIBER AND ITS REDUCTION BY MODE FIELD CONVERSION; 23 rd European Conference on Optical Communication-ECOC'97, 22-25 September, 1997, Proceedings, Vol.1, pp.131-134	1-21
A	LIU, Y. et al.: SINGLE-MODE DISPERSION-SHIFTED FIBERS WITH EFFECTIVE AREA OVER $100 \mu m^2$; 24 th European Conference on Optical Communication-ECOC'98, 20-24 September, 1998, Madrid, Spain, Proceedings, Vol.1, pp.41-42	1-21
A	BELOV A V; Profile structure of single-mode fibers with low nonlinear properties for long-haul communication lines; Optics Communications, Vol.161, 15 March, 1999, pp.212-216	1-21

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to the inventions of claims 1-21 is a technical matter described in claim 1 and disclosed in the cited documents 1-4, making no contribution over the prior art.

Therefore the inventions of claims 1-21 do not involve one or more of "the same or corresponding special technical features" in the sense of the second sentence of PCT Rule 13.2.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B 6/22, 6/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B 6/00-6/54

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

Elsevier Science Server,
 IEE Electronic Library

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	EP, 859247, A2 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 19.8月.1998(19.08.98), 全文, 全図. &CA, 2229280, A&AU, 5390598, A&JP, 11-72640, A	1-12 13-21
X Y	JP, 11-167038, A (住友電気工業株式会社), 22.6月.1999(22.06.99), 全文, 全図. 特に, 第12-16段落, 第22-26段落, 第1, 3図参照. (ファミリーなし)	1, 2-4, 8-9, 13, 16-17, 20 5-7, 10-12, 14-15, 18-19, 21

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.10.00

国際調査報告の発送日

17.10.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区蔵が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

福田 聡



2K

9514

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 10-246830, A (株式会社フジクラ), 14. 9 月. 1998 (14. 09. 98) (ファミリーなし)	1,2-9
X Y	平野正晃ほか「低分散スロープリングコア型分散シフトファイバ」 ; 1998年電子情報通信学会総合大会講演論文集, エレクトロニ クス1, 6. 3月. 1998, 第223頁	1,10 5-7
Y	EP, 959374, A1 (Sumitomo Electric Industries, Lt d.), &AU, 718167, A&JP, 11-223741, A&WO, 99/30193, A1	1-21
Y	US, 5684909, A (LIU, YANMING), 4. 11月. 1997 (04. 11. 97) &EP, 990182, A1&JP, 11-506228, A&WO, 97/33188, A2	1-21
A	BHAGAVATULA, V.A. ET AL.: Dispersion-shifted single-mode fib er for high-bit-rate and multiwavelength systems; Optical Fi ber Communication Conference, OFC'95, 1995, Technical Diges t, ThH1, pp.259-260	1-21
A	NOUCHI, P. ET AL.: NEW DISPERSION SHIFTED FIBER WITH EFFECTI VE AREA LARGER THAN $90 \mu m^2$; 22nd European Conference on Optic al Communication - ECOC'96, September 15-19 1996 Oslo, Norwa y, Proceedings Vol.1, MoB.3.2, pp.1.49-1.52	1-21
A	NOUCHI, P.: Maximum effective area for non-zero dispersion-s hifted fiber; Optical Fiber Communication Conference, OFC'9 8, February 22-27 1998 San Jose, California, Technical Diges t, ThK3, pp.303-304	1-21
A	HIMENO, K. ET AL.: SPLICE LOSS OF LARGE EFFECTIVE AREA FIBER AND ITS REDUCTION BY MODE FIELD CONVERSION; 23rd European C onference on Optical Communication - ECOC'97, 22-25 Septembe r 1997, Proceedings Vol.1, pp.131-134	1-21
A	LIU, Y. ET AL.: SINGLE-MODE DISPERSION-SHIFTED FIBERS WITH E FFECTIVE AREA OVER $100 \mu m^2$; 24th European Conference on Optic al Communication - ECOC'98, September 20-24 1998 Madrid, Spa in, Proceedings Vol.1, pp.41-42	1-21
A	BELOV A V: Profile structure of single-mode fibers with low nonlinear properties for long-haul communicatin lines; Optic s Communications, Vol.161, 15 March 1999, pp.212-216	1-21

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-21に共通する技術的特徴は、請求の範囲1に記載された事項であるところ、当該事項は下記文献1-4に開示されているから、先行技術に対しての貢献がない。よって、請求の範囲1-21には、PCT規則13.2の第2文の意味における「同一又は対応する特別な技術的特徴」が存在しない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

